



(19) BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND  
  
DEUTSCHES  
PATENTAMT

(12) **Offenlegungsschrift**  
(10) **DE 197 51 106 A 1**

(5) Int. Cl.<sup>6</sup>:  
**B 41 J 2/44**  
G 02 B 27/09

**DE 197 51 106 A 1**

(21) Aktenzeichen: 197 51 106.6  
(22) Anmeldetag: 18. 11. 97  
(43) Offenlegungstag: 28. 5. 98

(30) Unionspriorität:  
757,889 27. 11. 96 US  
(71) Anmelder:  
Eastman Kodak Co., Rochester, N.Y., US  
(74) Vertreter:  
Pohle, R., Dipl.-Phys. Fachphys.f.Erfindungswesen,  
Pat.-Ass., 73760 Ostfildern

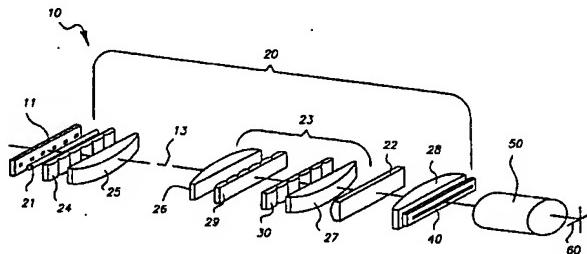
(72) Erfinder:  
Kurtz, Andrew Frederick, Rochester, N.Y., US;  
Kessler, David, Rochester, N.Y., US

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

(54) Laserdrucker zum Drucken auf ein lichtempfindliches Medium

(55) Ein Laserdrucker (10) besteht aus einem Laserdioden-Array (11), einer Quer-Array-Beleuchtungsoptik (21), einer Laserlinsenanordnung (24), einem Lichtmodulator-Array (40) und einem Fliegenaugenintegrator (23), der den Modulator mit gleichmäßiger Flutlichtbeleuchtung beaufschlägt.

Bei einer weiteren Ausführungsform des erfindungsgemäßen Laserdruckers wird das Winkelspektrum des am Modulator einfallenden Lichts so angepaßt, daß sich eine Verbesserung der Modulationsgüte ergibt. Das Modulator-Array (40) wird von den Laserdioden-Emittern (12) mit dem Laserdioden-Array (11) gleichmäßig beleuchtet und unterteilt das Licht in Bildelemente, die zur Erzeugung eines gewünschten Punktmusters anschließend in einer Medienebene (60) abgebildet werden.



**DE 197 51 106 A 1**

## Beschreibung

Die Erfindung betrifft einen Laserdrucker zum Drucken auf ein lichtempfindliches Medium.

Bei einem typischen Laserdrucker wird die von einem Laser ausgesendete Strahlung geformt und zur Erzeugung eines Punktes gewünschter Größe in einer Filmebene abgebildet. Der als Pixel bezeichnete Punkt ist das kleinste Element des Bildes. Zur Erzeugung der richtigen Dichte eines jeden Punkts wird die Laserstrahlung Pixel für Pixel moduliert. Zur Erzeugung eines zweidimensionalen Bildes wird der Laserpunkt in Zeilenrichtung abgetastet und das Medium in Seitenlängsrichtung transportiert.

Bei einem Druckersystem mit einem Dauerstrich (CW)-Gas- oder Festkörper-Laser werden die Bilddaten mit einem externen Modulator, beispielsweise einer akustooptischen Vorrichtung, in den Lichtstrahl eingegeben. Für Systeme mit Halbleiterdioden-Lasern wird die Laserstrahlung unmittelbar durch Änderung der Stromzufuhr zum Laser moduliert. Bei Druckern, die mit hochempfindlichen Medien, wie z. B. Silberhalogenid, arbeiten, wird eine hohe Durchsatzleistung durch Abtasten des Laserstrahls in Zeilenrichtung mit einem Polygonspiegel oder Galvanometer.

Drucker für Medien mit geringer Empfindlichkeit, wie z. B. Laser-Thermodrucker, arbeiten mit Laserstrahlungsquellen höherer Leistung und niedrigen Zeilen- und Seitenabtastgeschwindkeiten, um den hohen Anforderungen an die Bestrahlung zu genügen, die in der Regel im Bereich von 0,2–0,5 Joule/cm<sup>2</sup> liegen. Diese Art der Abtastung kann unter anderem dadurch verwirklicht werden, daß man den Drucker wie eine "Drehmaschine" konfiguriert, wobei die Abtastung in Seitenlängsrichtung durch Drehen einer den Film aufnehmenden Trommel und die Abtastung in Zeilenrichtung durch translatorische Bewegung des Lasers in einer parallel zur Drehachse der Trommel verlaufenden Richtung bewirkt wird.

Um diesen hohen optischen Leistungsanforderungen in einer raumsparenden Anordnung mit relativ geringen Kosten zu verwirklichen, werden viele diskrete Laser zu Gruppen zusammengefaßt um in der Filmebene Mehrfachpunkte zu bilden. Gleichzeitig aufgezeichnete Mehrfachpunkte bzw. -pixel erhöhen die Durchsatzleistung. Mehrfach-Laserstrahlungsquellen liefern die erforderliche optische Energie. Um eine Vielzahl von Laserstrahlungsquellen in einem Laserdrucker zusammenzufassen, gibt es verschiedene Möglichkeiten. Unter anderem kann dafür ein System verwendet werden, bei dem die einzelnen Laserstrahlungsquellen getrennt mit Lichtleitfasern gekoppelt sind, die dann zu einer linearen Anordnung von Strahlungsquellen zusammengebaut werden. Ein System dieser Art wird in US-A-4 911 526 beschrieben.

Eine weitere Möglichkeit besteht darin, ein monolithisches Array von Laserstrahlungsquellen zu verwenden und die Elemente des Laser-Arrays dann zur Erzeugung von Vielfachpunkten unmittelbar auf dem lichtempfindlichen Medium abzubilden. Um Pixeldichten zu erhalten, wird die Stromversorgung der einzelnen Elemente des Laser-Arrays individuell moduliert. Im Vergleich zu Systemen, bei denen die Laser mit Lichtleitfasern gekoppelt sind, kann ein solches, in US-A-4 804 975 beschriebenes System mit geringeren Kosten und einem höheren Wirkungsgrad verwirklicht werden. Monolithische Laserdioden-Arrays dieser Art haben jedoch auch systembedingte Nachteile. Wenn die einzelnen Laserelemente unmittelbar auf dem Medium abgebildet werden, führt der Ausfall auch nur eines Elements in dem Array zu einem Fehler im Bildmuster. Außerdem ist die zum Modulieren der mit hohen Geschwindigkeiten in die Dioden eingespeisten hohen Stromstärken erforderliche

Elektronik teuer und schwierig herzustellen. Darüber hinaus ist das System für durch thermische und elektrische Einstreuungen innerhalb des Diodenlaser-Arrays verursachte Bildfehler anfällig.

- 5 Eine Möglichkeit zur Verbesserung eines Systems mit einer monolithischen Dioden-Array-Strahlungsquelle besteht darin, jedes Laserelement in Subarrays zu unterteilen. Systeme, die mit solchen Lasern arbeiten, werden in den ebenfalls an den Zessionar der vorliegenden Erfindung abgetretenen US-Patentanmeldungen Nr. 07/986,207 vom 7. Dezember 1992 und Nr. 08/283,003 vom 29. Juli 1994 beschrieben. Die einzelnen Aufzeichnungspixel werden dabei jeweils aus dem zusammengefaßten Licht aller Laserelemente eines gegebenen Subarrays zusammengesetzt. Für die Bilddateneingabe werden die einzelnen Subarrays jeweils unmittelbar und individuell moduliert. Dieses Vorgehen trägt dazu bei, die Anfälligkeit gegen thermische Einstreuungen zu verringern und das System gegen einen Ausfall einzelner Laserelemente innerhalb eines Subarrays unempfindlicher zu machen.

Ein System mit einer monolithischen Dioden-Array-Strahlungsquelle kann ferner auch dadurch verbessert werden, daß man das von den einzelnen Laserelementen abgestrahlte Licht zusammenfaßt, um einen Raumlichtmodulator mit Flutlicht zu beleuchten. Die Elemente des Modulators unterteilen das Licht in Bildelemente, wobei jedes Element des Modulators anschließend in einer Medienebene abgebildet wird, um die gewünschte Anordnung von Druckpunkten zu erhalten. Systeme, die nach diesem Verfahren arbeiten, werden in US-A-5,517,359 und US-A-5,521,748 beschrieben. Diese Systeme stellen gegenüber dem Stand der Technik insoweit eine Verbesserung dar, als sie die Möglichkeit einer indirekten Modulierung des Lichts schaffen, so daß die Laserdioden-Array-Strahlungsquelle mit voller Leistung arbeitet und ausschließlich als Lichtquelle dient. Die in diesen Patenten beschriebenen Systeme haben jedoch den Nachteil, daß die Gleichmäßigkeit der Beleuchtung der Modulatorebene unter Umständen sehr zu wünschen übrig läßt. In beiden Fällen werden die emittierenden Elemente mit starker Vergrößerung unmittelbar auf dem Modulator abgebildet. Da die Lichtheimsprofile in Längsrichtung des Arrays sowohl Makro- als auch Mikro-Ungleichmäßigkeiten aufweisen, kann die sich daraus ergebende Modulatorbeleuchtung mit erheblichen Ungleichmäßigkeiten behaftet sein. Die in US-A-5,517,359 beschriebene Erfindung sieht ein Spiegelsystem vor, das diese Schwierigkeiten teilweise dadurch ausgleicht, daß es die Makro-Ungleichmäßigkeiten im wesentlichen eliminiert. Infolge des größeren Beleuchtungswinkels des Modulators muß dabei jedoch eine verrinnerte Helligkeit in Kauf genommen werden. Davon abgesehen, werden mit diesem Verfahren zur Verbesserung der Gleichmäßigkeit nur dann gute Ergebnisse erzielt, wenn das Lichtprofil über die Breite der emittierenden Elemente bereits größere Bereiche aufweist, in denen die Beleuchtung im wesentlichen gleichmäßig ist.

Zur Verbesserung der Gleichmäßigkeit der Beleuchtung optischer Systeme gibt es zahlreiche Möglichkeiten, wie z. B. die Verwendung von Diffusoren und integrierenden Resonatoren. Die meisten dieser Verfahren haben jedoch eine erhebliche Verringerung der Helligkeit des Lichts auf dessen Weg durch das gesamte optische System zur Folge. Optische Systeme für den fotolithografischen Druck bei der Herstellung eines Halbleiterelements, beispielsweise eines IC-Chips, arbeiten weitgehend mit Integratoren, die eine gleichmäßige Beleuchtung im wesentlichen ohne Helligkeitsverluste gewährleisten. In vielen Systemen werden dafür Fliegenaugen-Linsenanordnungen verwendet. Ein Beispiel ist das in US-A-4,497,015, Konno u. a., beschriebene

System, bei dem als Lichtquelle eine Bogenlampe verwendet wird, deren Licht vor dem Eintreffen an der Maskenebene sorgfältig homogenisiert wird. Ein ähnliches fotolithografisches Beleuchtungssystem, bei dem als Lichtquelle ein Laser, wie z. B. ein Excimer- oder YAG-Laser, verwendet wird, wird in US-A-4,939,630 beschrieben. Bei diesen Lichtquellen – Bogenlampe, Excimer-Laser und YAG-Laser – handelt es sich um räumlich stetige Lichtquellen, die Strahlen mit beträchtlicher Lichtstärke aussenden. Ein Laser-Dioden-Array ist dagegen eine in Segmente aufgeteilte Lichtquelle, die aus einer Reihe kleiner, in einem größeren räumlichen Abstand zueinander angeordneten einzelnen Emittoren besteht.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein mit Flutlichtbeleuchtung eines Raumlichtmodulators arbeitendes Beleuchtungssystem für einen Laserdrucker zu schaffen, das die durch Makro- und Mikro-Ungleichförmigkeiten des von den Laserelementen emittierten Lichts verursachten Probleme im wesentlichen ohne Helligkeitsverluste im optischen System beseitigt.

Eine weitere Aufgabe der Erfindung besteht in der Schaffung eines Beleuchtungssystems für einen Laserdrucker mit einem Laserdioden-Array, das im Vergleich zu den bekannten Systemen kleiner ist und weniger Bauteile aufweist.

Der Erfindung liegt ferner die Aufgabe zugrunde, ein Beleuchtungssystem für einen Laserdrucker mit einem Laserdioden-Array zu schaffen, bei dem das Winkelspektrum des auf den Modulator fallenden Lichts zur Verbesserung der Modulationsgüte angepaßt werden kann.

Diese und weitere Aufgaben werden erfindungsgemäß durch einen Laserdrucker mit einem Laserdioden-Array gelöst, das folgende Komponenten aufweist: eine Beleuchtungsquelle, eine Laserlinsenanordnung, ein Fliegenaugenintegratorsystem und weitere optische Elemente zur Beleuchtung eines Modulator-Arrays, derart, daß bildfeldwinklig und räumlich eine im wesentlichen gleichmäßige Beleuchtung erzielt wird. Der reflektierend oder durchlässig ausgebildete Modulator wird von allen Elementen des Lasers gleichmäßig beleuchtet. Die Elemente des Modulators unterteilen das Licht in Bildelemente, die zur Erzeugung eines Punktmusters in einer Medienebene abgebildet werden.

Die Erfindung wird im folgenden an Hand eines in der Zeichnung dargestellten Ausführungsbeispiels näher erläutert.

Es zeigen:

Fig. 1 eine perspektivische Ansicht eines erfindungsgemäßen Laserdruckers.

Fig. 2 eine Draufsicht auf einen Teil des in Fig. 1 dargestellten erfindungsgemäßen Laserdruckers mit weiteren Einzelheiten der Optik, insbesondere der Anordnung der Optik vor dem Modulator.

Fig. 3 eine Draufsicht auf eine alternative Ausführungsform des erfindungsgemäßen Laserdruckers mit Einzelheiten der Laserlinsenanordnung und der Linsenanordnungen zur Erzeugung einer gleichmäßigen Beleuchtung.

Fig. 4 eine Draufsicht auf eine weitere Ausführungsform des erfindungsgemäßen Laserdruckers mit Lücken im Winkelspektrum.

Fig. 5 ein Diagramm des typischen Nahfeld-Raumlichtprofils eines Multimode-Laserdioden-Array-Emitters.

Fig. 6 eine Draufsicht auf eine weitere Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Laserdruckers.

Fig. 7 eine perspektivische Ansicht einer weiteren Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Laserdruckers.

Fig. 1 zeigt eine bevorzugte Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Laserdruckers. Der als Ganzes mit der Kennziffer 10 bezeichnete Laserdrucker besteht aus einem Laserdioden-Array 11, einer Beleuchtungsoptik 20, einem

Raumlichtmodulator 40, einer Drucklinse 50 und einem in der Medienebene 60 angeordneten Empfangsmedium.

Das Laserdioden-Array 11 besteht aus einer Anordnung von Laserdioden-Emittern 12 mit hoher Strahlungsleistung.

- 5 Die Emittoren 12 des Arrays werden von einer gemeinsamen Stromversorgung (nicht dargestellt) jeweils gleichzeitig nach dem Dauerstrich (CW)-Verfahren aktiviert. Die Verwendung eines CW-Lasers ohne individuelle Modulation vereinfacht die Ausführung der Stromversorgung und der 10 Wärmeabstrahlung. Alle Diodenlaseremitter 12 des Laserdioden-Arrays 11 beleuchten in Verbindung mit der Beleuchtungsoptik 20 eine Zeile oder Fläche vorgegebener Größe an dem Modulator 40. Das von den einzelnen Laserelementen ausgestrahlte Licht wird dabei von der Beleuchtungsoptik über die volle Breite des Modulators 40 verteilt. Dadurch wird eine Lichtquellenredundanz erzielt und die 15 Anfälligkeit des Systems für Funktionsstörungen einzelner Diodenlaseremitter 12 verringert.

Die dargestellte Beleuchtungsoptik 20 ist anamorphotisch 20 ausgeführt, d. h. mit getrennten optischen Systemen für die Längs- und Querrichtung des Arrays, weil das von den Laserdiodenemittern ausgestrahlte Licht in den beiden Richtungen völlig andere Eigenschaften aufweist. Statt dessen können auch axialsymmetrische Komponenten für beide

- 25 Richtungen verwendet werden. Die Quer-Array-Elemente bestehen aus der Faserlinse 21 und der Quer-Array-Linse 22 sowie Komponenten (nicht dargestellt) zum Korrigieren des Abbildungsfehlers der Quer-Array-Elemente. Im allgemeinen werden diese Quer-Array-Elemente so ausgeführt, daß sie das Licht auf die vertikale Breite des Modulators eingrenzen und die numerische Apertur (NA) des Quer-Arrays minimieren. Dies kann durch Abbilden der Laserdiodeemitter 12 auf dem Modulator 40 bewirkt werden. Statt dessen kann auch die Faserlinse 21 oder deren hintere Brennpunktebene auf dem Modulator abgebildet werden. Die letztgenannten Konfigurationen tragen dazu bei, das System gegen den Abbildungsfehler unempfindlicher zu machen.

Die Beleuchtungsoptik 20 enthält darüber hinaus zahlreiche weitere Elemente, wie z. B. eine Laserlinsenanordnung 24, eine Kombinator-Bildfeldlinse 25, einen Fliegenaugenintegrator 23 und eine Bildfeldlinse 28, die in der Zeichnung sämtlich als zylindrische Elemente dargestellt sind. Der Fliegenaugenintegrator 23 besteht aus einer ersten vergleichmäßigen sphärischen Linsenanordnung 29, einer

- 45 zweiten vergleichmäßigen Linsenanordnung 30 und Bildfeldlinsen 26 und 27. Zur Erzielung einer vergleichmäßigen Beleuchtung des Modulators wird die Längs-Array-Optik im allgemeinen so ausgelegt, daß das von den einzelnen Laserdiodeemittern 12 ausgestrahlte Licht in eine Vielzahl 50 von Abschnitten unterteilt und diese Abschnitte dann über die volle Länge des Modulators 40 zum Überlappen gebracht werden. Im Zusammenwirken mit der Quer-Array-Optik gewährleistet die Längs-Array-Optik eine Flutlichtbeleuchtung des Modulators mit einer langen, schmalen Lichtzeile 55 gleichmäßiger Strahlstärke ohne wesentliche Beeinträchtigung der Helligkeit der Laserdioden-Array-Strahlungsquelle (weniger Durchlässigkeits- und sonstige Verluste) und Redundanz bezüglich der Emittoren. Die Beleuchtungszeile erstreckt sich dabei über die volle Länge des Modulators in Längsrichtung des Arrays, beleuchtet aber in Querrichtung des Arrays nur ein schmales Band, dessen Breite annähernd der Breite der einzelnen Elemente des Modulators 40 entspricht.

Zur Erzeugung einer Zeile dichtgepackter Druckpunkte 60 wird der beleuchtete Modulator von einer Drucklinse 50 in der Medienebene 60 abgebildet. Die Drucklinse 50 setzt sich in der Regel aus einer Vielzahl einzelner Elemente zusammen, die axialsymmetrisch oder anamorphotisch ausge-

bildet sein können. Je nach Art des verwendeten Lichtmodulators 40 können die Drucklinsenelemente für den Modulationsprozeß mit zusätzlichen optischen Elementen versehen werden. So würde man beispielsweise für Lichtpolarisationsmodulatoren, wie z. B. PLZT- oder Flüssigkristallvorrichtungen, hinter dem Modulator einen Polarisationsanalytator, wie z. B. einen Strahlungsteilerwürfel, anordnen. Ein weiteres Beispiel für beugende Phasenumwandlungsmodulatoren wäre die Verwendung eines Schlierensystems als optisches System hinter dem Modulator. In diesem Falle könnte innerhalb der Drucklinsen-Baugruppe eine Blende angeordnet werden, um in einer Fourier-Ebene durch Phasendifskrimination das modulierte von dem nichtmodulierten Licht zu trennen.

Bei dem in Fig. 1 dargestellten System wird zur Verbesserung der Gleichmäßigkeit der Beleuchtung ein Fliegenaugenintegrator 23 verwendet, der weitgehend den üblicherweise für fotolithografische Systeme verwendeten Fliegenaugenintegratoren entspricht, hier jedoch so adaptiert ist, daß er in Verbindung mit einer segmentierten Strahlungsquelle, beispielsweise dem Laserdioden-Array 11, verwendet werden kann. Auch Konno, US-A-4,497,015, zeigt eine Beleuchtung für fotolithografische Systeme mit einem Fliegenaugenintegrator. Bei diesem System wird zum Aufteilen des von der als Strahlungsquelle dienenden Bogenlampe kommenden Strahls in zahlreiche kleinere Strahlen eine erste Fliegenaugenstufe mit zwei in Brennweitenabstand zueinander angeordneten Linsenanordnungen verwendet. Die zweite der beiden Linsenanordnungen bildet im Zusammenwirken mit einer Bildfeldlinse die von den ersten Linsen kommenden Strahlen überlappend in einer Zwischenbildebene ab. Der Vorgang wird dann zur weiteren Verbesserung der Gleichmäßigkeit mit einer zweiten Fliegenaugenintegratorstufe wiederholt. Ein von Kikuchi, US-A-4,939,630, beschriebenes System ist ähnlich ausgelegt wie das Konno-System, jedoch so adaptiert, daß es in Verbindung mit dem großen, nahezu parallel gerichteten Strahl eines Excimer-Lasers eingesetzt werden kann. In diesem Falle wird als erste Vergleichmäßigungsstufe (Uniformer) des Integrators eine vereinfachte Ausführung mit nur einer Linsenanordnung verwendet, die den großen Strahl in einzelne Abschnitte unterteilt, die dann zum Überlappen gebracht werden. Darauf folgt dann wieder, wie bei Konno, eine zweite Vergleichmäßigungsstufe mit zwei Linsenanordnungen und Bildfeldlinsen.

Der Unterschied zwischen dem in Fig. 1 dargestellten System und dem von Konno und Kikuchi beschriebenen Systemen besteht darin, daß das als Strahlungsquelle verwendete Laserdioden-Array 11 bereits in eine Vielzahl von Emittersegmenten aufgeteilt ist. Das von diesen Emittoren ausgestrahlte Licht kann überlappend kombiniert werden, ohne daß das von den Emittoren ausgestrahlte Licht vorher in eine Vielzahl kleinerer Strahlen unterteilt werden muß. In diesem Falle erzeugen die Laserlinsenanordnung 24 und die Kombinator-Bildfeldlinse 25 eine Zwischenbeleuchtungsebene, die dann in den Fliegenaugenintegrator 23 eingegeben wird. In dieser Zwischenbeleuchtungsebene ist das Lichtprofil gleichmäßiger, aber noch nicht voll integriert. Es ist möglich, daß nicht alle Punkte innerhalb des beleuchteten Bereichs Licht von allen Punkten der Strahlungsquelle empfangen oder daß nicht alle Punkte innerhalb dieses Bereichs mit dem vollen Winkel des einfallenden Lichts beaufschlagt werden. Zur weiteren Verbesserung der Gleichmäßigkeit wird der Fliegenaugenintegrator 23 eingesetzt. Das auf die erste vergleichmäßige sphärische Linsenanordnung 29 fallende Licht umfaßt eine zweite Quelle in der Zwischenbeleuchtungsebene, die von dem Fliegenaugenintegrator 23 abgebildet wird.

In Fig. 1 weist der Fliegenaugenintegrator 23 eine erste Vielzahl von sphärischen Linsen (die der ersten vergleichmäßigen Linsenanordnung 29 auf), die parallel zu der optischen Achse 13 angeordnet sind, um das aus der Zwischenbeleuchtungsebene in den Fliegenaugenintegrator 23 eingestrahlte Licht aufzuteilen. Diese sphärischen Linsen (der ersten vergleichmäßigen Linsenanordnung 29) bilden in einer ersten Brennpunktebene eine Vielzahl von Bildern der Laserlinsenanordnung 24 ab. Der Fliegenaugenintegrator 23 weist ferner eine zweite Vielzahl von sphärischen Linsen (die der zweiten vergleichmäßigen Linsenanordnung 30) auf, die in der Nähe der ersten Brennpunktebene angeordnet sind und jeweils den Linsen der ersten Vielzahl von sphärischen Linsen entsprechen, die ihrerseits im Zusammenwirken mit Bildfeldlinsen 27 in einer zweiten Brennpunktebene Bilder der ersten Vielzahl von sphärischen Linsen (denen der ersten vergleichmäßigen Linsenanordnung 29) abbilden. Eine Bildfeldlinse 27, die ebenfalls Bestandteil des Fliegenaugenintegrators ist, bewirkt daß diese Vielzahl von Bildern in der zweiten Brennpunktebene zentriert zum Überlappen gebracht wird. Der Fliegenaugenintegrator 23 kann zusätzlich eine Eingangsbildfeldlinse 26 aufweisen, damit das Licht telezentrisch in die Baugruppe einfällt.

Die bevorzugte Ausführungsform der Modulatorbeleuchtung wird im folgenden ausführlicher an Hand von Fig. 2 erläutert. Das Laserdioden-Array 11 in der Ebene  $a_0$  ist räumlich in  $N_1$  Strahlungsquellensegmente aufgeteilt, bei denen es sich in der Regel um großflächige Multimode-Laserdiodenemitter handelt. Bei Diodenlaser-Arrays hoher Leistung werden diese Laserdiodenemitter 12, um thermische Einstreuungen zu minimieren, nicht eng gepackt. Die aktiven Bereiche der Diodenlaser sind somit voneinander getrennt und nehmen jeweils nur einen Bruchteil der Gesamtlänge des Arrays ein. Das von den einzelnen Laserdiodenemittern 12 ausgestrahlte Licht ist weder zeitlich noch räumlich mit dem von einem anderen Laserdiodenemitter ausgestrahlten Licht kohärent, so daß bei Überlagerung des Lichts keine Beeinträchtigung der Gleichmäßigkeit der Beleuchtung durch Einstreuungen befürchtet werden muß. Ferner ist das Licht über die Gesamtzahl der Laserdiodenemitter selbst, von sehr wenigen Einzelbereichen abgesehen, inkohärent, so daß das von einem gegebenen Laserdiodenemitter ausgestrahlte Licht aufgeteilt und zum Überlappen gebracht werden kann, wobei auch in diesem Falle wiederum keine wesentlichen Einstreuungen zu befürchten sind. Optisch können diese Laserdiodenemitter als Mini-Breitstrahler angesehen werden, während viele Laser fast wie Punktlichtquellen wirken.

Wenn diese Emitter jeweils überlappend in der Zwischenbeleuchtungsebene  $a_1$  in Fig. 2 abgebildet werden, wird das bei  $a_1$  einfallende Licht nur teilweise gemischt.

Das von den verschiedenen Emittoren ausgestrahlte Licht ist zwar zum Überlappen gebracht, aber nicht aufgeteilt und winkelmäßig oder räumlich gemischt worden. So vereinigt sich beispielsweise das von den axialen Punkten der einzelnen Emitter kommende Licht in der Mitte der Ebene  $a_1$  und das von den achsversetzten Punkten der einzelnen Emitter kommende Licht an den achsversetzten Punkten der beleuchteten Fläche  $a_1$ . Die eingezeichneten Strahlengänge der verschiedenen Laserdiodenemitter 12a, 12b und 12c veranschaulichen dies. Infolgedessen werden systematische Probleme im Lichtprofil über die Breite der Emitter, wie z. B. der aus der Darstellung in Fig. 5 ersichtliche Flankenabfall, nicht beseitigt. Als zweite Integrationsstufe ist daher der Fliegenaugenintegrator 23 vorgesehen. Der aus den Bildfeldlinsen 26 und 27 und den vergleichmäßigen sphärischen Linsenanordnungen 29, 30 bestehende Fliegenaugen-

integrator 23 ist Bestandteil der Optik und dient dazu, das von den Laserdiodenemittern ausgestrahlte Licht zu selektieren und sowohl winkelmäßig als auch räumlich gründlicher zu mischen.

Die Ebenen  $a_0$ ,  $a_1$  und  $a_2$  in Fig. 2 sind einander zugeordnet (konjugiert). Das gleiche gilt für die Ebenen  $b_0$  und  $b_1$ . Die Laserlinsenanordnung 24 besteht aus  $N_1$  Linsenelementen, die jeweils einem gegebenen Laserdiodeemitter 12 des Laserdioden-Arrays 11 entsprechen. Im Zusammenwirken mit der Kombinator-Bildflächenlinse 25 bilden die Linsenelemente 24<sub>a</sub>, 24<sub>b</sub> und 24<sub>c</sub> jeweils einen Emittier mit starker Vergrößerung auf der Eingangsfläche der ersten vergleichmäßigen sphärischen Linsenanordnung 29 in der Ebene  $a_1$  ab. So veranschaulichen die von dem Laserdiodeemitter 12b durch das Linsenelement 24b und die Linse 25 zu der ersten vergleichmäßigen sphärischen Linsenanordnung 29 eingezzeichneten Strahlengänge beispielsweise eine axiale Abbildung. Zwei achsversetzte Abbildungen werden durch die Strahlengänge von dem Emittier 12a durch das Linsenelement 24a und die Linse 25 sowie von dem Laserdiodeemitter 12c durch das Linsenelement 24c und die Linse 25 dargestellt. Die Bildfeldlinse 26 verändert das ankommende Licht so, daß es teleszentrisch in die erste vergleichmäßige sphärische Linsenanordnung 29 in der Ebene  $a_1$  einfällt.

Das Licht wird in der Zwischenbeleuchtungsebene  $a_1$  in  $N_2$  Abschnitte aufgeteilt, wobei  $N_2$  die Anzahl der Linsenelemente in jeder der vergleichmäßigen sphärischen Linsenanordnungen 29, 30 angibt. Die entsprechenden Linsenelemente in der zweiten vergleichmäßigen sphärischen Linsenanordnung 30 bilden im Zusammenwirken mit der Bildfeldlinse 27 die Linsenelemente der ersten vergleichmäßigen sphärischen Linsenanordnung 29 vergrößert und überlappend in der (auch als Modulatorebene 41 bezeichneten) Ebene  $a_2$  ab. Die Bildfeldlinse 28 bewirkt ähnlich wie die Linse 26, daß das ankommende Licht teleszentrisch zur Beleuchtungsebene  $a_2$  einfällt. Örtlich begrenzte Ungleichmäßigenheiten der Lichtverteilung in der Ebene  $a_1$  werden auf diese Weise räumlich vergrößert und über den größeren Teil der Beleuchtungsebene  $a_2$  verteilt. Wenn die einzelnen Abschnitte des von den  $N_2$  vergleichmäßigen sphärischen Linsenanordnungen 29, 30 in der Ebene  $a_1$  selektierten Lichts auf diese Weise kombiniert werden, ergibt sich durch Ausgleich der örtlichen Ungleichmäßigenheiten eine wesentlich gleichmäßiger Verteilung der Strahlstärke des Lichts. Der Ausgleich ist natürlich um so besser, je mehr  $N_2$ -Linsenpaare in dem Fliegenaugenintegrator 23 verwendet werden. Wenn die erzielte Gleichmäßigkeit dann immer noch nicht ausreicht, können hinter der Beleuchtungsebene  $a_2$  weitere Integratorstufen mit Linsenanordnungsparen und Bildfeldlinsen vorgesehen werden.

Ein typisches Laserdiode-Array, wie der Optopower-OPC-D020-Laser (Opto Power Corporation, Tucson, AZ), ist beispielsweise ein 20 Watt-Laser mit 19 Diodenlaserelementen, die jeweils 150 µm breit und mit einer Teilung von 650 µm über eine Gesamtlänge des Arrays von 11,85 mm verteilt sind. Bei einer numerischen Apertur (NA) von 0,13 sendet dieses Laser-Array linear polarisiertes Licht mit einer Wellenlänge von 830 nm aus. Für ein System, bei dem die Laserlinsenanordnung 24 das von den Laserdiodeemittern ausgestrahlte Licht parallel richtet, beträgt die Brennweite der Linsenelemente dann 2,47 mm. Die vergleichmäßigen sphärischen Linsenanordnungen 29 und 30 bestehen jeweils aus 6 Linsenelementen mit einer Breite von 1 mm in Längsrichtung der Anordnung. Die Kombinator-Bildfeldlinse 25 hat dann eine Brennweite von 99 mm, so daß die Anordnung 29 auf ihrer vollen Breite von 6 mm mit Licht beaufschlagt wird. Die Brennweite der Linsenelemente der

vergleichmäßigen sphärischen Linsenanordnungen 29, 30 beträgt dann 8,0 mm. Dadurch ist gewährleistet, daß die Ausgangsflächen der Linsen in der Ebene  $b_1$  ebenfalls voll mit Licht beaufschlagt werden. Für einen Raumlichtmodulator 40 mit 256 jeweils 60 µm breiten Pixeln beträgt die Brennweite der Bildfeldlinse 27 123 mm, so daß eine ausreichende Vergrößerung für die Beleuchtung der vollen Länge des Modulators gegeben ist. Die Brennweite der Bildfeldlinse 28 beträgt dann ebenfalls 123 mm. Die Gesamtlänge des Beleuchtungssystems zwischen Laser und Modulator beträgt ca. 240 mm.

Das System wurde hier nur an Hand der Hauptfunktionen der verschiedenen Komponenten beschrieben, läßt aber Abwandlungen zu, mit denen die Leistung möglicherweise verändert oder verbessert werden kann. So wurden beispielsweise die Laserlinsenanordnung und die vergleichmäßigen sphärischen Linsenanordnungen hier als zylindrische lichtbrechende Komponenten dargestellt, obwohl sie auch als beugende Komponenten oder Komponenten mit einem sphärischen oder torischen Linsenprofil ausgebildet sein könnten. Die vergleichmäßigen sphärischen Linsenanordnungen können, wie in Fig. 1 und 2 gezeigt, als zwei getrennte Elemente ausgeführt werden oder auch, wie in Fig. 3 gezeigt, als ein optisches Element mit optisch wirksamen Flächen auf beiden Seiten.

Die in Fig. 2 abgebildete Laserlinsenanordnung 24 arbeitet mit unendlich konjugierter Abbildung, so daß das von den Laserdiodeemittern ausgestrahlte Licht kollimiert wird. Die Bildfeldlinse 25 vervollständigt die Abbildung und Überlappung. Die in Fig. 2 abgebildete Laserlinsenanordnung 24 kann jedoch auch so ausgebildet werden, daß unmittelbar die endlich konjugierte Abbildung erzielt wird. Dies kann unter anderem dadurch bewirkt werden, daß die Linsenelemente in Längsrichtung der Anordnung achsversetzt zu den Laserdiodeemittern angeordnet sind. Zu diesem Zweck wird für die Anordnung der Linsenelemente eine geringfügig kleinere Teilung gewählt als für die Laserdiodenanordnung selbst. Das durch die Laserlinsenanordnung fallende Licht wird dann gegenüber den optischen Achsen der entsprechenden Linsen verschoben. Die Bilder der Emittier werden in der Ebene  $a_1$  in Fig. 2 genauso überlappt wie bei Vorhandensein der Bildfeldlinse 25, so daß die Linse 25 eigentlich nicht benötigt wird. Eine weitere Möglichkeit besteht darin, die Linsen der Laserlinsenanordnung 24 mit derselben Teilung anzutunnen wie das Laserdiode-Array 11, wobei dann aber die optischen Achsen der einzelnen Linsen der Laserlinsenanordnung 24 verschoben werden. Die Apertur der einzelnen Linsen der Laserlinsenanordnung 24 wird dabei nicht verringert, so daß das Licht verlustlos eingefangen wird, während sich die effektive Leistung der einzelnen Linsen ändert. Lichtbrechende Linsen würden beispielsweise als achsversetzt und gekrümmt ausgeführt werden. Wenn von dieser Möglichkeit Gebrauch gemacht wird, kann auch die Bildfeldlinse 25 entfallen, da deren Funktion von der Laserlinsenanordnung 24 wahrgenommen wird.

Entsprechend können auch die vergleichmäßigen sphärischen Linsenanordnungen 29 und 30 multifunktional ausgeführt werden. Dabei können die Linsen der ersten vergleichmäßigen sphärischen Linsenanordnung 29 so ausgeführt werden, daß sie die Funktionen der Bildfeldlinse 26 mit übernehmen, so daß die Linse 26 entfallen kann. Wenn die Linsen der ersten vergleichmäßigen sphärischen Linsenanordnung 29 als achsversetzt und gekrümmt ausgeführt werden, können sie auch die Teleszentritätsfunktion der Bildfeldlinse übernehmen. Wenn die Linsenelemente in endlich konjugierter Abbildung arbeiten, wird auch die Abbildungsfunktion der Bildfeldlinse nicht mehr benötigt. Der

Abstand zwischen den vergleichmäßigen sphärischen Linsenanordnungen 29 und 30 entspricht dann nicht mehr einer Brennweite, sondern dem für eine fehlerfreie Abbildung erforderlichen (größeren) Abstand. Diese Lösung kommt zwar mit weniger Teilen aus, bedingt jedoch eine wesentlich größere Komplexität der Ausführung der ersten vergleichmäßigen sphärischen Linsenanordnung 29 insoweit, als die Linsenelemente nicht mehr identische Eigenschaften aufweisen, sondern sich quer zur Anordnung unterscheiden. Die zweite vergleichmäßige sphärische Linsenanordnung 30 könnte ebenfalls so ausgeführt werden, daß sie die Abbildungs- und Telezentrizitätsfunktionen der Bildfeldlinse 27 übernimmt.

Das Beleuchtungssystem kann auch den besonderen Erfordernissen der Raumlichtmodulatortechnik angepaßt werden. So kann beispielsweise die Vorrichtung für die Änderung der Sekundärbeleuchtung in unmittelbarer Nachbarschaft der in Fig. 2 gezeigten gleichmäßig beleuchteten Modulatorbeleuchtungsebene 41 angeordnet werden. Es gibt z. B. Raumlichtmodulatoren, deren Füllfaktor (Verhältnis der Apertur zur Teilung der Modulatorelemente) deutlich unter 1,0 liegt. Bei Modulatoren mit einem derart niedrigen Füllfaktor kann es vorteilhaft sein, eine Linsenanordnung unmittelbar vor dem Modulator anzutragen, um das Licht auf die Modulatorelemente zu fokussieren und dadurch Verluste durch Beaufschlagung von Bereichen außerhalb der Aperturen der Modulatorelemente zu vermeiden.

Auch Raumlichtmodulatoren mit dynamischen lichtbeugenden Vorrichtungen zur Änderung der Phase des Lichts sind auf dem Markt erhältlich. Mit einer in einer Fourier-Ebene innerhalb der Drucklinse 50 angeordneten Blende kann das Licht auf Modulation analysiert werden. In ihrer einfachsten Form läßt eine solche Blende das ungebeugte Licht nullter Ordnung entweder durch oder nicht. Da diese Modulatoren die Richtungsbündelung des einfallenden Lichts ändern, ist die Modulationsgüte von der Winkelbreite oder numerischen Apertur (NA) des einfallenden Lichts abhängig. Durch den Einsatz komplexerer Blenden, beispielsweise "lattenzaunartiger" Blenden, kann der Kontrast des modulierten Lichts zu dem nichtmodulierten Licht bei entsprechender Einstellung der Beleuchtung verbessert werden.

Insbesondere bei der in Fig. 4 gezeigten alternativen Ausführungsform des in Fig. 2 dargestellten Systems ist der Fliegenaugenintegrator 23 so ausgebildet, daß die Linsenelemente der vergleichmäßigen sphärischen Linsenanordnung 30 nicht voll mit Licht beaufschlagt werden (Licht ist nur in den mittleren Abschnitten der Elemente vorhanden). Dies kann durch eine Erhöhung der Anzahl der Linsenpaare erreicht werden. Das in der Modulatorebene 40 einfallende Licht weist dann im Bereich des Winkels Lücken  $\Omega$  auf, die bei nichtmoduliertem Licht durch den Modulator wandern und auf die "lattenzaunartige" Blende 53 treffen. Diese Blende 53 ist in einem von Linsenelementen innerhalb der Drucklinse 50, beispielsweise dem als Fourier-Transformationslinse fungierenden Linsenelement 51, erzeugten Brennpunkt angeordnet. Im Falle eines modulierten Lichtstrahls erfolgt eine Phasenverschiebung sowohl des Lichts als auch der Lücken und infolgedessen eine Winkelverschiebung an der Blende 53, so daß Licht durch die Durchlaßbereiche der Blende fallen und schließlich in der Mediumebene 60 abgebildet werden kann. (Fig. 4 zeigt einen Teilabschnitt der Beleuchtung eines axialen Modulatorelements des beleuchteten Modulators 40 einschließlich der Winkelrücken  $\Omega$  und dann beispielhaft einen von der Blende durchgelassenen Lichtstrahl  $\Omega_2$ ). Die Blende 53 kann so ausgeführt werden, daß sie je nach Anordnung der lichtundurchlässigen Blockierelemente das nichtmodulierte Licht

(wie gezeigt) blockiert oder durchläßt.

Fig. 3 zeigt eine weitere Ausführungsform des erfindungsgemäßen Laserdruckers, bei dem das Beleuchtungssystem vor dem Modulator auf einer klassischen Köhlerbeleuchtung basiert. Auch bei diesem System wird ein in Segmente aufgeteilter Fliegenaugenintegrator 35 in Verbindung mit dem als Lichtquelle dienenden, ebenfalls in Segmente aufgeteilten Laserdioden-Array 11 verwendet. Bei der in Fig. 2 dargestellten bevorzugten Ausführungsform wird die 10 Lichtquelle (Laserdiodenemitter 12) in der Ebene  $a_0$  über die konjugierte Ebene  $a_1$  indirekt auf dem Objekt (dem in der konjugierten Ebene  $a_2$  angeordneten Modulator) abgebildet, das seinerseits in der Medienebene 60 abgebildet wird. Das in Fig. 2 abgebildete System stellt im wesentlichen eine abgewandelte Form eines klassischen kritischen Beleuchtungssystems dar. Dagegen wird bei dem in Fig. 3 gezeigten System die Lichtquelle (Laserdiodenemitter 12) in einer Zwischenebene  $a_1$  abgebildet, die ihrerseits in der Eingangspupille der Drucklinse 50 (nicht dargestellt) abgebildet wird. Bei dem optischen System in Fig. 3 erzeugt die Laserlinsenanordnung 31 eine bildraumtelezentrische Köhlerbeleuchtung in der Ebene  $b_0$ , bei der in örtlich begrenzten Bereichen der Ebene  $b_0$  jeder Punkt überlappend von jedem Quellenpunkt eines gegebenen Emitters 12 beleuchtet wird. 20 Infolge dieser Überlappung ist das Lichtprofil in diesen örtlich begrenzten Bereichen systembedingt gleichmäßiger als die Lichtprofile der Emitter selbst. Diese örtlich begrenzten Bereiche der Ebene  $b_0$  werden von dem aus den Elementen 32, 33 und 34 bestehenden, in Segmente unterteilten Fliegenaugenintegrator 35 selektiert und überlappend in der konjugierten Ebene  $b_1$  erneut abgebildet. Da dies gleichzeitig die Modulatorebene 41 ist, wird der Modulator 40 auf diese Weise mit Flutlichtbeleuchtung beaufschlagt. Der Modulator wird dann nach entsprechender Vergrößerung durch die 25 Abbildungslinse 50 in der Medienebene 60 abgebildet, um dort eine Zeile eng gepackter Aufzeichnungspunkte (nicht dargestellt) zu erzeugen.

Das in Fig. 3 gezeigte System nutzt die Segmentierung des als Strahlungsquelle dienenden Laserdioden-Arrays in 40 vorteilhafter Weise, indem es den Fliegenaugenintegrator 35 in  $N_1$  vergleichmäßige Subarrays 36 segmentiert, die den  $N_1$  Emittorelementen 12 des Laserdioden-Arrays 11 entsprechen. So entsprechen beispielsweise in dem Fliegenaugenintegrator 35 die vergleichmäßigen sphärischen Linsenanordnungselemente 32a und 33a einem gegebenen Laserdiodenemitter 12a und einem Laserlinsenanordnungselement 31a. Jedes Laserlinsenanordnungselement 31 beaufschlagt einen Teilabschnitt der Ebene  $b_0$  mit einer von dem entsprechenden Emitter ausgestrahlten Köhlerbeleuchtung.

Das Lichtprofil in den örtlich begrenzten Bereichen der Ebene  $b_0$  wird jeweils in  $N_3$  Teilabschnitte unterteilt, wobei  $N_3$  der Anzahl von Linsenelementen in einem gegebenen vergleichmäßigen Subarray 36 entspricht. Die vergleichmäßigen sphärischen Linsenanordnungselemente 32 werden jeweils vergrößert und von dem entsprechenden vergleichmäßigen Linsenanordnungselement 33 und der Kombinator-Bildfeldlinse 34 in der Ebene  $b_1$  überlappend abgebildet. So wird beispielsweise Licht aus der Mitte der einzelnen Linsenelemente 32 in der Mitte der Modulatorebene  $b_1$  (gleichzeitig Ebene 41) abgebildet, wie dies die Strahlengänge R, R' und R" zeigen. Entsprechend gelangt Licht aus dem Randbereich der einzelnen vergleichmäßigen sphärischen Linsenanordnungselemente 32, wie die Strahlengänge S und S' zeigen, zum Randbereich der beleuchteten Fläche in der Ebene  $b_1$ . Für die räumliche Gleichmäßigkeit des Lichts am Modulator, also in der Ebene  $b_1$ , müßte sich auf diese Weise insofern eine wesentliche Verbesserung ergeben, als dieses Licht aus dem Ausgleich der

$N_3$  Selektierungen der mit Köhlerbeleuchtung beaufschlagten Ebene  $b_0$  resultiert, und zwar für sämtliche der  $N_1$  Laserremitter.

Der Durchschnitt der Winkel des Ausgangslichts von den Emittern kann bei dieser Ausführungsform jedoch etwas verzerrt werden. So enthält beispielsweise bei dem in Fig. 3 gezeigten System mit drei vergleichmäßigen sphärischen Linsenanordnungspaaren pro Emitter ( $N_3 = 3$ ) Licht, das sich in der Beleuchtungsebene  $b_1$  in der Nähe der optischen Achse vereinigt, einen geringen Anteil kleinwinkligen Lichts von den Emittern und überwiegend großwinkliges Ausgangslicht, aber so gut wie kein Ausgangslicht mittlerer Winkelgröße. Dagegen setzt sich das Licht, das sich in den Randbereichen der beleuchteten Fläche der Ebene  $b_1$  vereinigt, überwiegend aus Licht zusammen, das unter einem mittelgroßen Winkel aus den Emittern austritt. Der Anteil großwinkligen Lichts ist dabei gering, während kleinwinkliges Licht so gut wie gar nicht vorkommt. Durch Erhöhung der Anzahl der Linsen  $N_3$ , in jedem der  $N_1$  vergleichmäßigen sphärischen Linsen-Subarrays 32, 33 kann der räumliche Ausgleich und insbesondere der Winkelausgleich verbessert werden.

Im Vergleich zu der in Fig. 2 abgebildeten bevorzugten Ausführungsform hat das in Fig. 3 dargestellte System den Vorteil, daß es mit weniger Teilen auskommt und eine Verkürzung der Systemlänge ermöglicht. Wie bereits erwähnt, kann die Güte des Winkelausgleichs jedoch in Abhängigkeit von der konstruktiven Ausführung des Systems schwanken. Da innerhalb des Teilungsabstands des Laserdioden-Arrays 10 Platz für mehrere ( $N_3$ ) Linsen für jeweils zwei vergleichmäßige sphärische Linsenanordnungselemente 32, 33 vorhanden sein muß, läßt sich das in Fig. 3 gezeigte System nicht immer verwirklichen. Bei dem Laser OPC-D020 ist beispielsweise das Verhältnis von Emittiergeometrie zu Emitterteilung relativ klein (0,23) und die absolute Größe der Emitterteilung (650 µm) so bemessen, daß mehrere ( $N_3$ ) vergleichmäßige Linsen-Subarrays Platz haben. Außerdem sind die vergleichmäßigen sphärischen Linsenanordnungen 32, 33 in unmittelbarer Nachbarschaft des Laserdioden-Arrays in der hinteren Brennpunktebene der Laserlinsenanordnung 31 angeordnet. Dieser geringe Abstand kann die konstruktive Auslegung für die Aufnahme der Quer-Array-Optik komplizieren.

Die Brennweite der Laserlinsenanordnung 31 wird vorzugsweise so festgelegt, daß die volle numerische Apertur (NA) der Strahlenkegel aller Quellenpunkte an den Emittern 12 eingefangen wird. Für den Laser OPC-D020 mit NA = 0,13 beträgt diese Brennweite 1,93 mm. Für ein System, bei dem jedes vergleichmäßige Subarray 36 mit  $N_3 = 3$  Paaren entsprechender vergleichmäßiger Linsenanordnungselemente versehen ist, haben alle Linsenelemente 32, 33 eine Breite von 0,17 mm und eine Brennweite von 2,15 mm. Für einen linearen Raumlichtmodulator 40 mit 256 jeweils 60  $\mu\text{m}$  breiten Pixeln in der Ebene  $b_1$  gemäß Fig. 3 hat die Bildfeldlinse 34 eine Brennweite von 198 mm. Das Beleuchtungssystem hat dann vom Laser bis zum Modulator eine Länge von 205 mm.

Eine weitere Möglichkeit zur Verbesserung der Winkelgleichmäßigkeit des in Fig. 3 dargestellten Systems bietet ein Aufbau, bei dem die Anzahl der vergleichmäßigen sphärischen Linsenanordnungselemente  $N_3$  in den vergleichmäßigen Subarrays 36 sich von Laserdiodenemitter zu Laserdiodenemitter unterscheidet. Am einfachsten lässt sich dies mit einer Anordnung verwirklichen, bei der die vergleichmäßigen sphärischen Linsenanordnungselementpaare von einem Subarray zum anderen jeweils unterschiedlich ausgeführt sind, beispielsweise abwechselnd ungeradzahlig und geradzahlig, wie z. B. nach dem in Fig. 6

gezeigten Muster 3-4-3-4. Ein vergleichmäßigendes Subarraypaar 36 mit einer geraden Anzahl von Linsenelementen verteilt Ausgangslicht mittlerer Winkelgröße auf die Mitte der Ebene b, und klein- und großwinkliges Ausgangslicht

- 5 auf die Randbereiche der beleuchteten Fläche in der Ebene b<sub>1</sub>. Der dadurch bewirkte Ausgleich der Winkelverteilung des einfallenden Lichts für die vergleichmäßigen Subarrays mit einer ungeraden Anzahl von Linsen ergibt auf diese Weise insgesamt eine auch bezüglich der Winkelgleichmäßigkeit verbesserte Beleuchtung der Ebene b<sub>1</sub>. Wenn sich die einzelnen vergleichmäßigen Subarrays auf diese Weise unterscheiden, unterscheiden sich auch die Breite und die Brennweite der Linsen von einem Subarray zum anderen entsprechend. Infolgedessen schwankt auch die erforderliche Vergrößerung in der Ebene b<sub>1</sub>, wobei nur eine Bildfeldlinse 34 mit einer ganz bestimmten Brennweite für alle Subarrays 36 verwendet wird. Wenn dann die erzielte Gleichmäßigkeit immer noch nicht ausreicht, können, wie bei der in Fig. 2 dargestellten bevorzugten Ausführungsform, hinter der Beleuchtungsebene b<sub>1</sub> in Fig. 3 oder Fig. 6 weitere Integratorstufen mit Linsenanordnungselementpaaren und Bildfeldlinsen vorgesehen werden.

Das Laserdioden-Array kann auch, wie in Fig. 7 gezeigt, aus einem Stapel von Mehrfach-Laserdioden-Arrays bestehen. Der Laser 11 besteht dort aus zwei Laser-Arrays. In Fig. 7 wird für die senkrecht gestapelten Laser-Arrays in Längsrichtung des Arrays jeweils dieselbe Beleuchtungsoptik (Linsenanordnung, Bildfeldlinsen und Fliegenauigkeits-Vergleichmäßiger) verwendet, während in Querrichtung des Arrays parallele Linsenelementssätze 21 und 22 zum Einsatz kommen, so daß mehrere Pixelreihen am Modulator gleichzeitig beleuchtet werden. Um mit weniger Teilen auszukommen, werden die Linsenelemente in Längsrichtung des Arrays von den Mehrfach-Laser-Arrays mitbenutzt. Es können aber auch eigene Linsenanordnungen für die verschiedenen Laserdioden-Arrays 11a und 11b verwendet werden. Dies hat den Vorteil, daß die Ausrichtung der Mehrfach-Laser-Arrays 11 in Längsrichtung des Arrays dann weniger kritisch ist. Mehrfach-Laser-Arrays 11 könnten auch in Verbindung mit Mehrfach-Modulator-Arrays 40 verwendet werden, wobei dann in Längsrichtung statt in Querrichtung des Arrays die Array-Beleuchtungsoptik doppelt vorhanden sein würde. Das in Fig. 7 dargestellte System könnte auch dahingehend abgeändert werden, daß Mehrfach-Laserdioden-Arrays nur ein Modulator-Array beleuchten, indem in Querrichtung des Arrays von einer gemeinsamen Optik Gebrauch gemacht wird. Dies hat den Vorteil, daß dadurch am Modulator-Array und somit auch an den Medien selbst eine höhere Leistungsdichte erzielt wird, so daß mit höherer Produktivität oder weniger empfindlichen Medien gedruckt werden kann. Nachteilig ist dabei die Vergrößerung der numerischen Apertur (NA) in Querrichtung des Arrays und die dadurch bedingte Verringerung der Tiefenschärfe am Medium und Vergrößerung der Drucklinse 50.

Es ist vorstellbar, daß der Fortschritt der Technik früher oder später auch Laserdioden-Arrays mit Monomode-Emittern verfügbar macht, deren Leistung mit der Leistung der zur Zeit verwendeten Vorrichtungen mit Multimode-Laserdiodenemittern vergleichbar ist. Solche Laserdioden-Arrays hätten generell den Vorteil einer wesentlich größeren Leistungsdichte und Helligkeit. Da Monomode-Emitter Strahlen mit Gaußschen Profilen erzeugen, wäre für die bei einem Raumlichtmodulator in einem Laserdrucker zur Anwendung kommende Flutlichtbeleuchtung jedoch nach wie vor eine räumliche Homogenisierung erforderlich. Die beschriebenen Beleuchtungssysteme sind für den Einsatz in Verbindung mit einem Monomode-Diodenlaser-Array adaptierbar,

sofern die räumliche Kohärenz solcher Strahlungsquellen keine Einstreuungen in der Beleuchtungsebene verursacht. Durch den Einsatz weiterer Komponenten, beispielsweise eines lichtdurchlässigen Stufengitters (Echelon), könnte das von den einzelnen Emittoren kommende Licht in räumlich inkohärente Segmente aufgeteilt werden, die sich problemlos überlappen lassen, sofern die zeitliche Kohärenz des Lasers so kurz ist, daß das Stufengitter in einer praktikablen Entfernung wirksam werden kann. Zur Verhinderung von Einstreuungen können auch Polarisatoren verwendet werden, sofern der Raumlichtmodulator gegen Polarisation unempfindlich ist.

Die Erfindung wurde hier ausführlich an Hand bevorzugter Ausführungsformen beschrieben, läßt jedoch Abwandlungen und Änderungen zu, ohne dabei den Schutzzumfang der Ansprüche zu verlassen. So könnten beispielsweise unter den richtigen Voraussetzungen auch andere Lichtintegritoren, wie z. B. Lichttunnel, verwendet werden. Anstelle des Laserdioden-Arrays können auch andere in Segmente aufgeteilte Strahlungsquellen, wie z. B. ein LED-Array oder ein Faser-Array verwendet werden. Das Laserlicht für das Faser-Array kann entweder von Lasern mit Faseranschlußkabeln oder von Faserlasern kommen. Die getrennte Quer-Array-Beleuchtungsoptik könnte ebenfalls entfallen und durch ein zweidimensionales Integrationsystem ersetzt werden. Anzustreben ist generell eine Verringerung der Restungleichmäßigkeit auf wenige Prozent.

Obwohl die dargestellten Beispiele jeweils nur einen Fliegenaugenintegrator zeigen, könnten bei einem optischen System dieser Art auch mehrere Fliegenaugenintegratoren verwendet werden.

## Bezugszeichenliste

10	Laserdrucker	35
11	Laserdioden-Array	
12	Laserdioden-Emitter	
12 a, 12b, 12c	Emitter	
13	optische Achse	
20	Beleuchtungsoptik	40
21	Faserlinse	
22	Quer-Array-Linse	
23	Fliegenaugenintegrator	
24	Linsenanordnung	
24 a, 24b, 24c	Linsenelemente	45
25	Kombinator-Bildfeldlinse	
26, 27	Bildfeldlinsen	
28	Bildfeldlinse	
29	erste vergleichmäßige sphärische Linsenanordnung	
30	zweite vergleichmäßige sphärische Linsenanordnung	50
31	Linsenanordnung	
31 a	Linsenanordnungselement	
32	vergleichmäßige sphärische Linsenanordnungselemente	
32 a, 33a	vergleichmäßige sphärische Linsenanordnungselemente	55
32, 33	vergleichmäßige sphärische Linsenanordnungselemente	
34	Bildfeldlinse	
35	in Segmente aufgeteilter Fliegenaugenintegrator	60
36	vergleichmäßige Subarrays	
40	Raumlichtmodulator-Array	
41	Modulatorebene	
50	Drucklinse	
51	Linsenelement	65
53	Blende	
60	Medienebene	

## Patentansprüche

1. Laserdrucker (10) zum Drucken auf ein lichtempfindliches Medium, gekennzeichnet durch

- ein Laser-Array (11), bestehend aus mehreren Laserdioden-Emittern (12), von denen jeder einen Lichtstrahl aussendet;
- eine Quer-Array Beleuchtungsoptik (21) zum Reduzieren der Divergenz der durch die Vielzahl der Laserdiodenemitter erzeugten Lichtstrahlen;
- eine Laserlinsenanordnung (24), wobei jedes Linsenelement der Anordnung einen Lichtstrahl von jedem Laserdiodenemitter empfängt;
- mindestens einen Fliegenaugenintegrator (23) zum Erzeugen raum- und bildfeldwinklig gleichmäßiger Flutlichtbeleuchtung eines aus mehreren Modulatoren bestehenden Modulator-Arrays (40); und
- eine Drucklinse (50), die das Modulator-Array auf dem lichtempfindlichen Medium abbildet.

2. Laserdrucker nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Fliegenaugenintegrator (23) aus einer ersten gleichförmigen sphärischen Linsenanordnung (29) und einer zweiten gleichförmigen sphärischen Linsenanordnung (30) besteht.

3. Laserdrucker nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß zwischen dem Fliegenaugenintegrator (23) und der Laserlinsenanordnung (24) eine Bildfeldlinse (25) angeordnet ist.

4. Laserdrucker nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß zwischen dem Fliegenaugenintegrator (23) und dem Modulator-Array (40) eine Bildfeldlinse angeordnet ist.

5. Laserdrucker nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Fliegenaugenintegrator in Segmente aufgeteilt ist, wobei jedes Segment Facetten auf einer ersten Fläche und Facetten auf einer zweiten Fläche aufweist und jedes Segment einem Laserdiodenemitter und einer Laserlinsenanordnung entspricht.

6. Laserdrucker nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß die erste Fläche eine erste Anzahl Facetten und die zweite Fläche eine zweite Anzahl von Facetten aufweist und die erste und zweite Anzahl gleich groß ist.

7. Laserdrucker nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Laserlinsenanordnung den Fliegenaugenintegrator mit Köhlerbeleuchtung beaufschlagt.

8. Laserdrucker nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß eine erste Gruppe von Segmenten eine gerade Zahl von Facetten auf der ersten und zweiten Fläche und eine zweite Gruppe von Segmenten eine ungerade Zahl von Facetten auf der ersten und zweiten Fläche aufweisen.

9. Laserdrucker nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß sich die Segmente der Gruppe eins mit den Segmenten der Gruppe zwei abwechseln.

10. Beleuchtungssystem, gekennzeichnet durch

- ein Laser-Array (11), bestehend aus mehreren Laserdiodenemittern (12), von denen jeder einen Lichtstrahl aussendet;
- eine Quer-Array Beleuchtungsoptik (21) zum Reduzieren der Divergenz der durch die Vielzahl der Laserdiodenemitter erzeugten Lichtstrahlen;
- eine Linsenanordnung (24), wobei jedes Linsenelement der Anordnung einen Lichtstrahl von jedem Laserdiodenemitter empfängt;
- mindestens einen Fliegenaugenintegrator (23) zum Erzeugen raum- und bildfeldwinklig gleich-

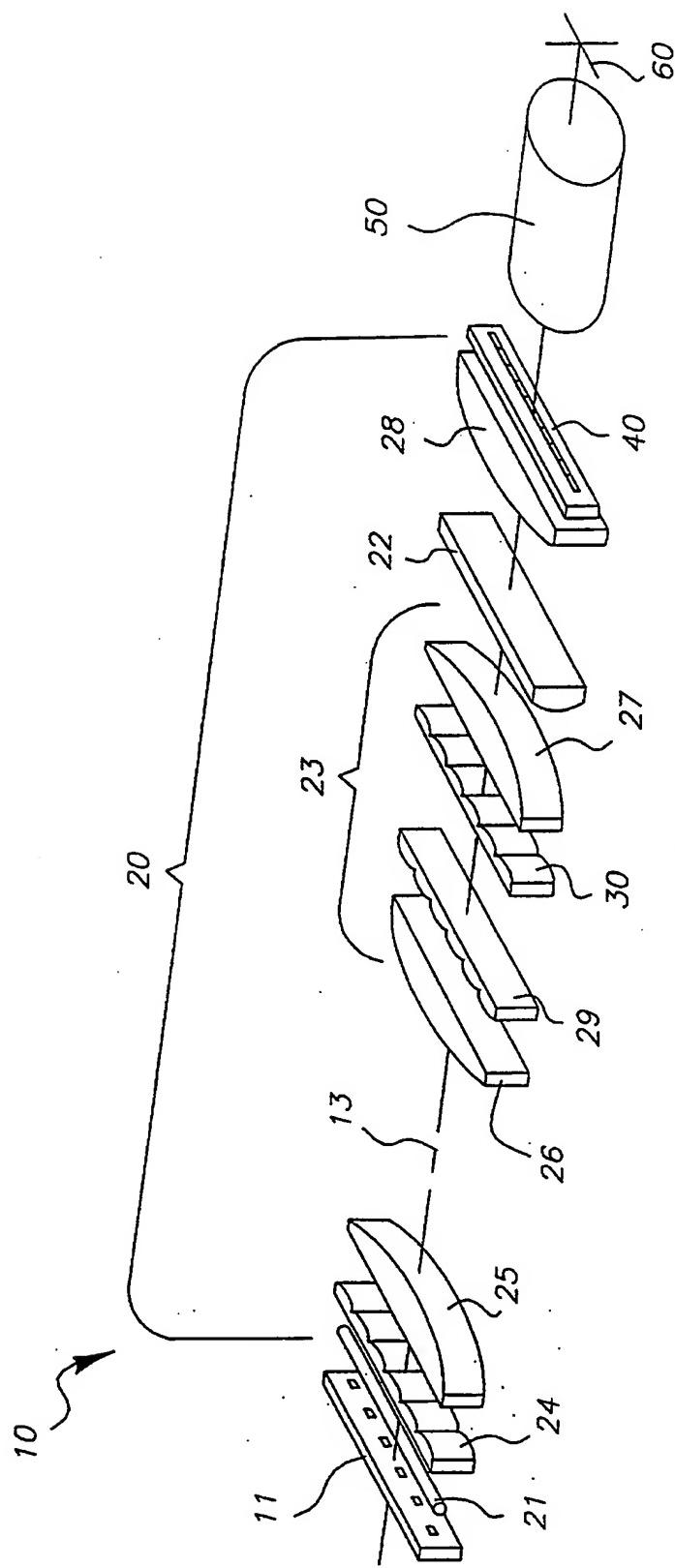
- mäßiger Flutlichtbeleuchtung einer Fläche.
11. Laserdrucker nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß an der Fläche ein Modulator-Array angeordnet ist. 5
12. Laserdrucker (10) zum Drucken auf ein lichtempfindliches Medium, gekennzeichnet durch
- ein LED-Array, bestehend aus mehreren LED-Emittern von denen jeder einen Lichtstrahl aussendet;
  - eine Linsenanordnung (24), wobei jedes Linsenelement der Anordnung einen Lichtstrahl von jedem LED-Emitter empfängt;
  - mindestens einen Fliegenaugenintegrator (23) zum Erzeugen raum- und bildfeldwinklig gleichmäßiger Flutlichtbeleuchtung eines Modulator-Arrays, das aus mehreren Modulatoren besteht; und
  - eine Drucklinse (50), die das Modulator-Array auf dem lichtempfindlichen Medium abbildet.
13. Laserdrucker zum Drucken auf ein lichtempfindliches Medium, gekennzeichnet durch:
- ein Laser-Array, bestehend aus mehreren Laserdiodenemittern, von denen jeder einen Lichtstrahl aussendet;
  - eine Laserlinsenanordnung, wobei jedes Linsenelement der Anordnung einen Lichtstrahl von jedem Laserdiodenemitter empfängt;
  - einen Fliegenaugenintegrator (23) zum Erzeugen raum- und bildfeldwinklig gleichmäßiger Flutlichtbeleuchtung eines Modulator-Arrays, das aus mehreren Modulatoren besteht; und
  - eine Drucklinse (50), die das Modulator-Array auf dem lichtempfindlichen Medium abbildet.
14. Laserdrucker zum Drucken auf ein lichtempfindliches Medium, gekennzeichnet durch 35
- ein Laser-Array, bestehend aus mehreren Laserdiodenemittern, von denen jeder einen Lichtstrahl aussendet;
  - eine Quer-Array Beleuchtungsoptik zum Reduzieren der Divergenz der durch die Vielzahl der Laserdiodenemitter erzeugten Lichtstrahlen;
  - eine Laserlinsenanordnung, wobei jedes Linsenelement der Anordnung einen Lichtstrahl von jedem Laserdiodenemitter empfängt;
  - einen Fliegenaugenintegrator (23) zum Erzeugen raum- und bildfeldwinklig gleichmäßiger Flutlichtbeleuchtung eines Modulator-Arrays, das aus mehreren Modulatoren besteht, wobei der Fliegenaugenintegrator in Segmente aufgeteilt ist und jedes Segment Facetten auf einer ersten Fläche und Facetten auf einer zweiten Fläche aufweist; und
  - eine Drucklinse (50), die das Modulator-Array auf dem lichtempfindlichen Medium abbildet.
15. Laserdrucker nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, daß zwischen dem Fliegenaugenintegrator und dem Modulator-Array eine Bildfeldlinse angeordnet ist. 55
16. Laserdrucker (10) zum Drucken auf ein lichtempfindliches Medium, gekennzeichnet durch 60
- eine Vielzahl von Laserdioden-Arrays, bestehend aus mehreren Laserdiodenemittern, von denen jeder einen Lichtstrahl aussendet;
  - eine Quer-Array Beleuchtungsoptik zum Reduzieren der Divergenz der durch die Vielzahl der Laserdiodenemitter erzeugten Lichtstrahlen;
  - eine Linsenanordnung, wobei jedes Linsenelement der Anordnung einen Lichtstrahl von jedem

- Laserdiodenemitter empfängt;
- einen Fliegenaugenintegrator (23) zum Erzeugen raum- und bildfeldwinklig gleichmäßiger Flutlichtbeleuchtung von mindestens einem Modulator-Array, das aus mehreren Modulatoren besteht; und
  - eine Drucklinse (50), die das Modulator-Array auf dem lichtempfindlichen Medium abbildet.
17. Laserdrucker (10) zum Drucken auf ein lichtempfindliches Medium, gekennzeichnet durch
- einen ersten Laserdioden-Array, bestehend aus mehreren Laserdiodenemittern, von denen jeder einen Lichtstrahl aussendet;
  - einen zweiten Laserdioden-Array, bestehend aus mehreren Laserdiodenemittern, von denen jeder einen Lichtstrahl aussendet;
  - eine Quer-Array Beleuchtungsoptik zum Reduzieren der Divergenz der durch die Vielzahl der Laserdiodenemitter erzeugten Lichtstrahlen;
  - eine Laserlinsenanordnung (24), wobei jedes Linsenelement der Anordnung einen Lichtstrahl von einem Laserdiodenemitter im ersten Laserdioden-Array und einem Laserdiodenemitter im zweiten Laserdioden-Array empfängt
  - einen Fliegenaugenintegrator (23) zum Erzeugen raum- und bildfeldgleichmäßiger Flutlichtbeleuchtung eines ersten und zweiten Modulator-Arrays, von denen jedes aus mehreren Modulatoren besteht, wobei das erste Modulator-Array hauptsächlich vom ersten Laserdioden-Array und das zweite Modulator-Array hauptsächlich vom zweiten Laserdioden-Array beleuchtet wird; und
  - eine Drucklinse, die das Modulator-Array auf dem lichtempfindlichen Medium abbildet.

---

Hierzu 7 Seite(n) Zeichnungen

---



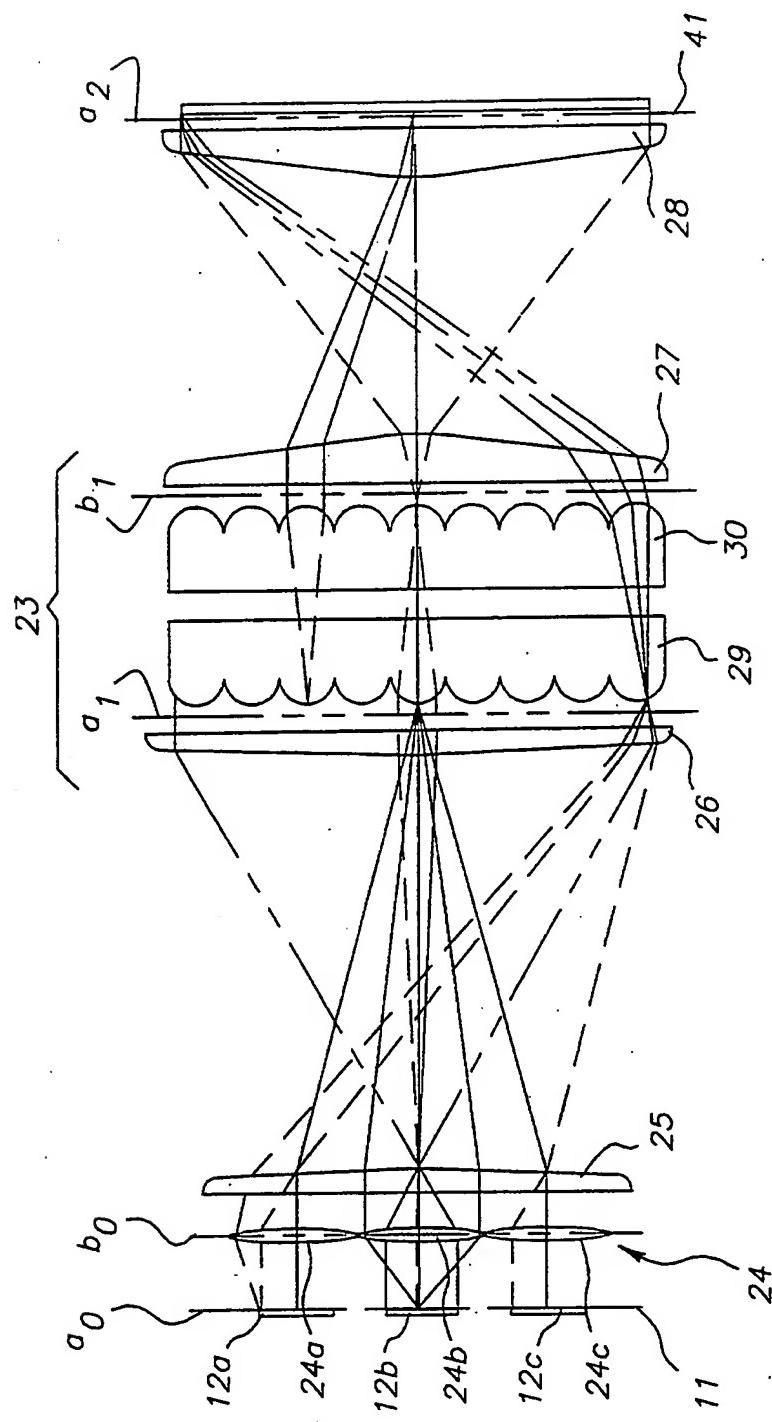


FIG. 2

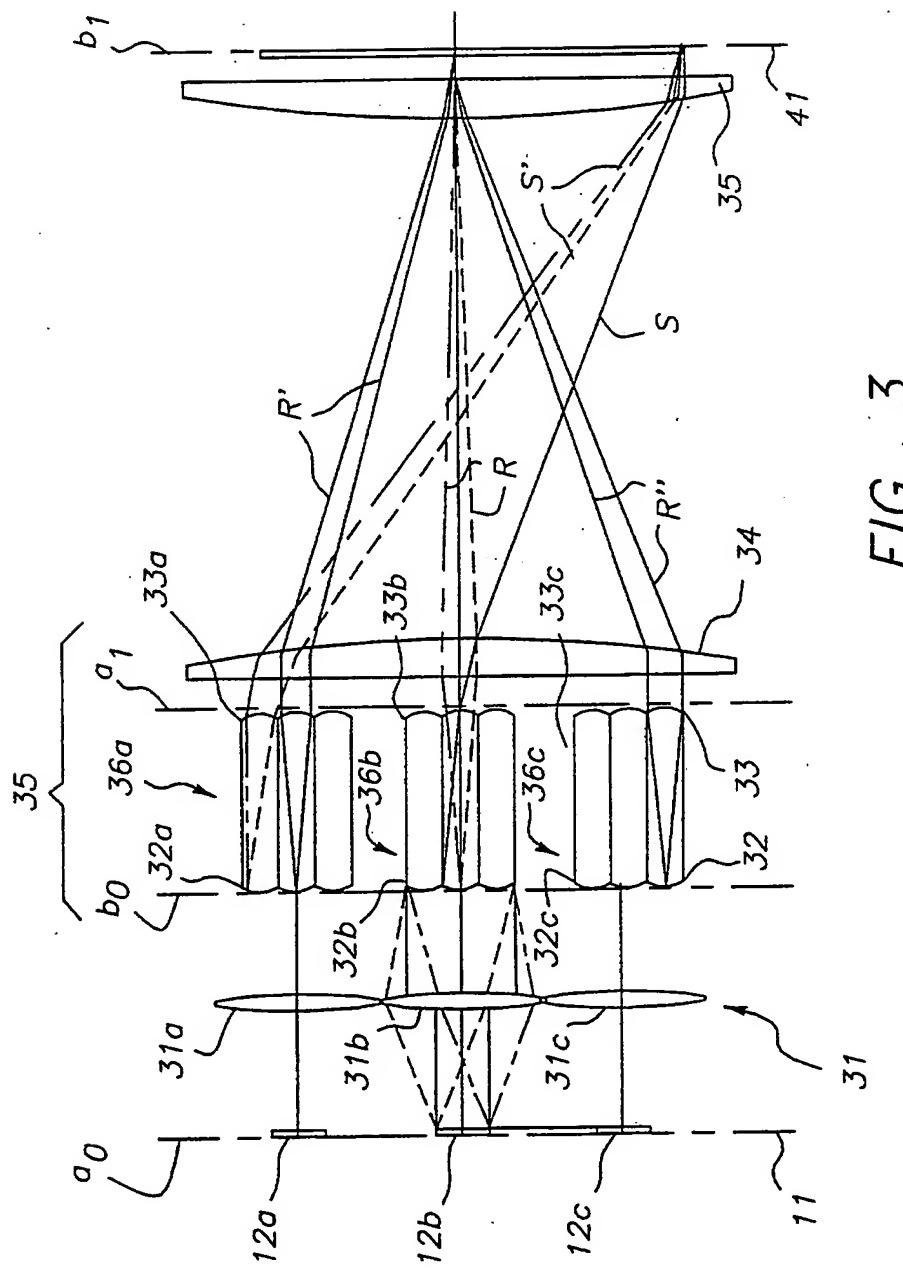


FIG. 3

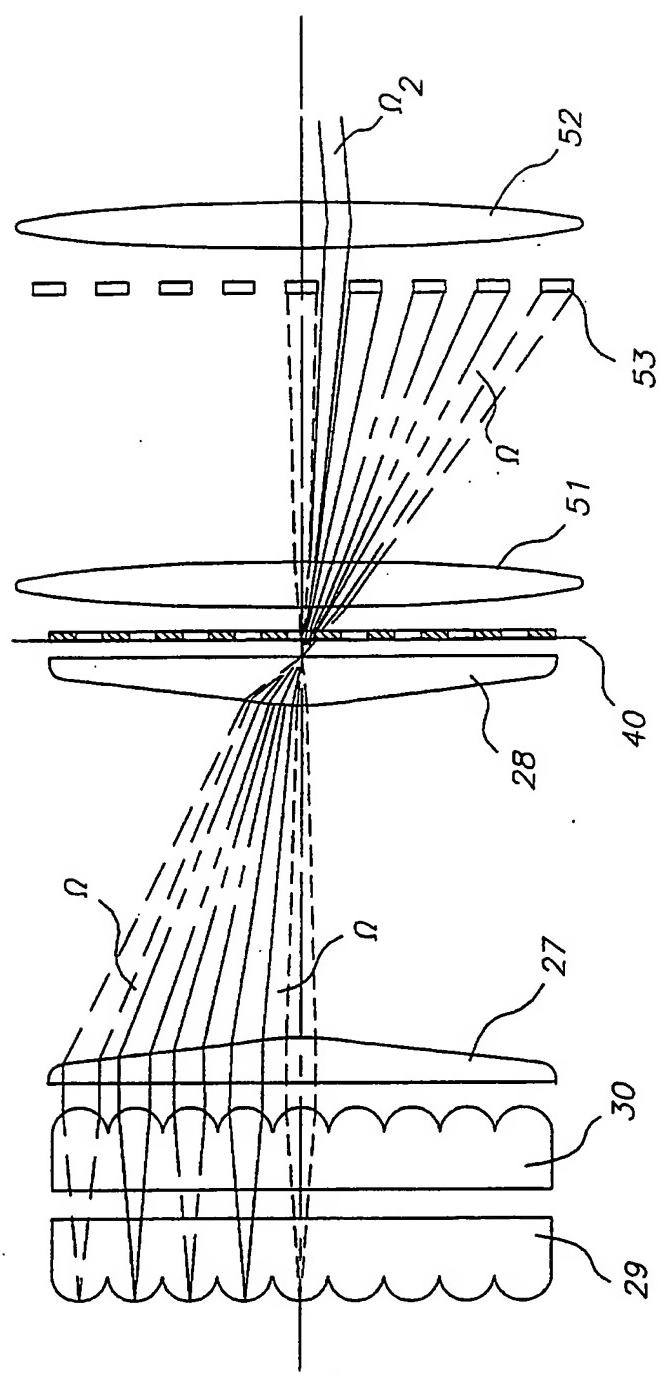


FIG. 4

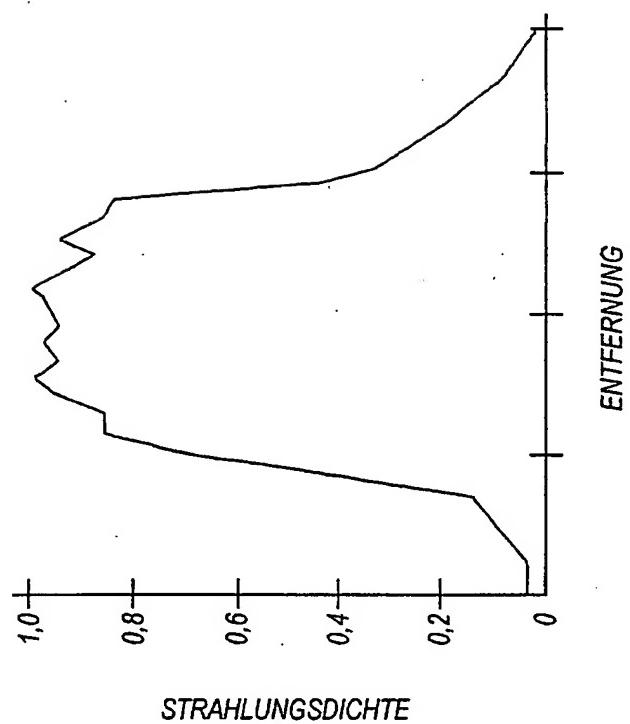


FIG. 5

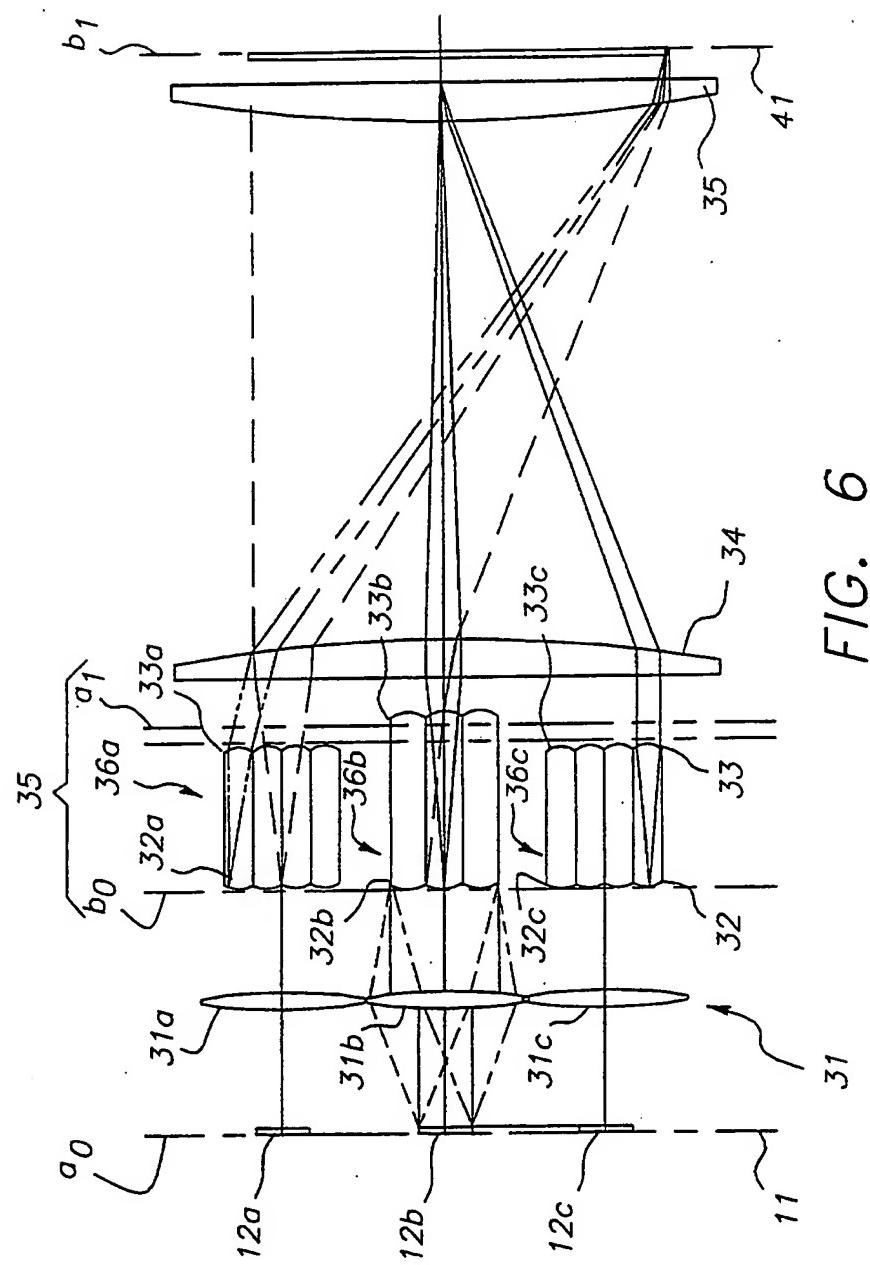


FIG. 6

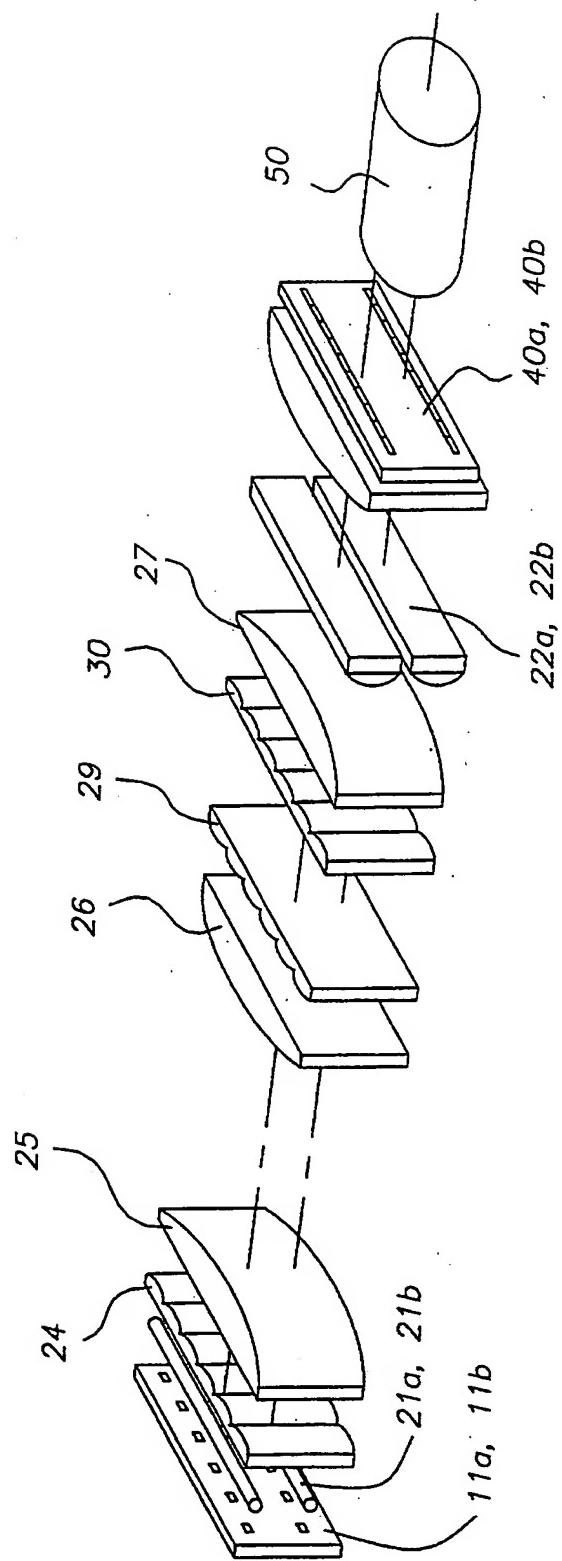


FIG. 7

19 FEDERAL REPUBLIC  
OF GERMANY



GERMAN  
PATENT  
OFFICE

Patent Specification DE 197 51 106 A1

51 International  
Classification  
B 41 J 2/44

21 Reference: 197 51 106.6  
22 Application Date: Nov 18, 1997  
43 Publication date: May 28, 1998

30 Priority: 757,889 Nov 27, 1996 US

72 Inventor:  
Kurtz, Andrew Frederick, Rochester NY US  
Kessler, David, Rochester NY US

71 Applicant:  
Eastman Kodac Co. Rochester NY US

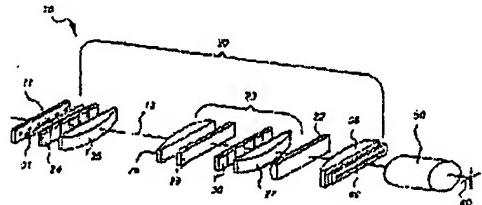
74 Representative:  
Pohle, R. Dr. Physics.  
Specialist Research and Development Patent Assistant 73760  
Ostfildern

---

④ Laserdrucker zum Drucken auf ein lichtempfindliches Medium

⑦ Ein Laserdrucker (10) besteht aus einem Laserdioden-Array (11), einer Quer-Array-Beleuchtungsoptik (21), einer Laserlinsenanordnung (24), einem Lichtmodulator-Array (40) und einem Fliegenaugenintegrator (23), der den Modulator mit gleichmäßiger Flutlichtbeleuchtung besus- schlägt.

Bei einer weiteren Ausführungsform des erfindungsgemäßen Laserdrukkers wird das Winkelspektrum des am Modulator einfallenden Lichts so angepaßt, daß sich eine Verbesserung der Modulationsgüte ergibt. Das Modulator-Array (40) wird von den Laserdioden-Emittern (12) mit dem Laserdioden-Array (11) gleichmäßig beleuchtet und unterteilt das Licht in Bildelemente, die zur Erzeugung eines gewünschten Punktmusters anschließend in einer Medienebene (60) abgebildet werden.



54 Laser Printer to print on a light-sensitive medium

57 A Laser Printer (10) consists of a laser diode array (11), a cross-array optical illumination system (21), a laser lens configuration (24), a light modulator array (40), and a compound-eye integrator (23) that floods the modulator with uniform floodlighting.

In another embodiment example of the laser printer based on the invention, the angular spectrum of the light striking the modulator is so adjusted that an improvement to the modulation quality results. The modulator array (40) is uniformly illuminated by the laser-diode emitters (12) of the laser-diode array (11), and the modulator array (40) divides the light into image elements that are formed to create a desired sample point subsequently in a medium plane (60).